丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌对北京鸭生长性能、血清生化和免疫指标及免疫器官指数的影响[1]

袁慧坤[1] 袁文华[1,2] 赵文文[1,2] 刘香杉[1] 李国勤[2] 杜 雪[2] 沈军达[2] 李柳萌[3] 卢立志[2*] 刁新平[1*]

（1.东北农业大学动物科技学院，哈尔滨 150030；2.浙江省农业科学院畜牧兽医研究所，杭州 310021；3.诸暨国伟禽业发展有限公司，诸暨 311800）

摘 要：本试验旨在研究饲粮中添加丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌对北京鸭生长性能、血清生化和免疫指标及免疫器官指数的影响。选取1日龄健康北京鸭300只，随机分成5组，每组6个重复，每个重复10只鸭。对照组（Ⅰ组）饲喂基础饲粮，试验组分别在基础饲粮中添加40 mg/kg杆菌肽锌（试验Ⅱ组）、5×10^8 CFU/kg丁酸梭菌（试验Ⅲ组）、1×10^9 CFU/kg地衣芽孢杆菌（试验Ⅳ组）和5×10^8 CFU/kg丁酸梭菌+1×10^9 CFU/kg地衣芽孢杆菌（试验Ⅴ组）。试验期21 d。结果表明：1）试验Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组的平均日增重均显著高于对照组（$P<0.05$）。各组之间的平均日采食量和料重比差异不显著（$P>0.05$）。2）试验Ⅴ组的血清中免疫球蛋白A、免疫球蛋白G、补体3、补体4含量显著高于对照组（$P<0.05$）。各组之间的血清中总蛋白、白蛋白、尿素氮含量差异不显著($P>0.05$)。3）试验Ⅴ组的胸腺指数、脾脏指数显著高于对照组（$P<0.05$）。各组之间的法氏囊指数差异不显著（$P>0.05$）。由此可见，饲粮中添加丁酸梭菌与地衣芽孢杆菌复合菌可以有效改善北京鸭的生长性能和免疫指标。

关键词：丁酸梭菌；地衣芽孢杆菌；北京鸭；生长性能；血清生化指标；免疫指标

中图分类号：S834

益生菌具有提高动物免疫功能、促进生长、调整肠道菌群平衡等特点，逐渐成为替代抗生素的动物营养研究热点。丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌均属于益生菌，在动物生产应用方面具有很大潜力。丁酸梭菌是一种厌氧菌，在人与动物的肠道中分离获得，可以耐抗生素，属于有益菌之一。肖克权等[1]研究表明，饲粮中添加适量丁酸梭菌有利于提高麻羽肉鸡的生长性

收稿日期：2018-04-16

基金项目：国家水禽产业技术体系杭州实验站项目（CARS-42-39）；浙江省农业（畜禽）新品种选育重大科技专项（2016C02054-13）

作者简介：袁慧坤（1993—），女，黑龙江牡丹江人，硕士研究生，研究方向为单胃动物营养与饲料科学。E-mail： 1102913232@qq.com

*通信作者：卢立志，研究员，硕士生导师，E-mail： lulizhibox@163.com；刁新平，副教授，硕士生导师，E-mail： diaoxp63@163.com

能。贾聪慧等[2]研究表明，丁酸梭菌可以提高21日龄罗斯308肉鸡的血清中总超氧化物歧化酶（T-SOD）活性，有利于肉鸡抗氧化能力和免疫功能的增强。地衣芽孢杆菌主要获取于植物与土壤中，属于需氧或兼性厌氧菌。等[3]研究表明，饲粮中添加2×10^9 CFU/kg地衣芽孢杆菌可以改善392日龄海蓝灰蛋鸡的蛋品质和血清免疫指标。

北京鸭是制作“北京烤鸭”的主要材料，更是国内外公认的的优良肉鸭品种，北京鸭发育速度快、育肥性好，但我国北京鸭在生长速度、成活率和胸肉率等生长性能方面表现要低于国外水平。因此，本试验在饲粮中添加丁酸梭菌、地衣芽孢杆菌、丁酸梭菌与地衣芽孢杆菌复合菌，研究其对北京鸭生长性能、血清生化和免疫指标及免疫器官指数的影响，旨在为益生菌在北京鸭的生长提供数据支持，使其更准确地应用于畜禽业生产。

1　材料与方法

1.1　试验材料

丁酸梭菌：有效活菌数量为2×10^8 CFU/g，载体二氧化硅，由湖北绿雪生物科技有限公司提供。地衣芽孢杆菌：有效活菌数量为2×10^{10} CFU/g，由广州市微元生物科技有限公司提供。

1.2　试验动物与试验设计

试验动物为同批次孵化的1日龄、体重相近的健康北京鸭300只（公母各占1/2），由诸暨国伟禽业发展有限公司提供。按照体重相似的原则将300只北京鸭随机分成5组，每组6个重复，每个重复10只鸭。试验Ⅰ组（对照组）饲喂基础饲粮，试验Ⅱ组（抗生素组）在饲粮中添加40 mg/kg杆菌肽锌，试验Ⅲ组在饲粮中添加5×10^8 CFU/kg丁酸梭菌，试验Ⅳ组在饲粮中添加1×10^9 CFU/kg地衣芽孢杆菌，试验Ⅴ组在饲粮中添加5×10^8 CFU/kg丁酸梭菌+1×10^9 CFU/kg地衣芽孢杆菌。基础饲粮的配制参照我国《肉鸭饲养标准》（NY/T 2122—2012），不含抗生素，基础饲粮组成及营养水平见表1。

表1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet （air-dry basis）　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	60.00

豆粕 Soybean meal	25.00
小麦 Wheat	5.00
玉米干酒糟及其可溶物 Corn DDGS	4.00
棉籽饼 Cottonseed cake	2.00
菜籽饼 Rapeseed cake	0.40
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.00
石粉 Limestone	1.15
食盐 NaCl	0.20
赖氨酸 Lys	0.05
蛋氨酸 Met	0.20
预混料 Premix[1)]	1.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
代谢能 ME/（MJ/kg）	12.13
粗蛋白质 CP	20.06
钙 Ca	0.83
有效磷 AP	0.61
赖氨酸 Lys	0.91
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Lys	0.78

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kg of the diet: Cu 8 mg，Fe 60 mg，Zn 60 mg，Mn 50 mg，I 0.2 mg，Se 0.20 mg，VA 11 000 IU，VD_3 3 000 IU，VE 20 IU，VK_3 3.0 mg，VB_1 2.0mg，VB_2 4.5 mg，VB_6 1.5 mg，VB_{12} 0.02 mg，烟酸 nicotinic acid 0.20 mg，叶酸 folic acid 1.0 mg，生物素 biotin 0.1 mg，胆碱 choline 1 000 mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 11.0 mg。

[2)] 计算值 Calculated values。

1.3 饲养管理

试验开始前清理试验鸭舍杂物及地面，并进行消毒，使环境保持一致。试验鸭采用每个重复 1 栏方式饲养，24 h 光照，通风良好，每日于 08：00 和 17：00 饲喂 2 次，清扫 1 次，自由饮水，每日均以重复为单位记录饲料投放量与剩余量。其他按照常规饲养管理。试验期 21 d。

1.4 指标测定及方法

1.4.1 生长性能

每个重复在第 21 天晚停止给料，正常给水，12 h 后以重复为单位空腹称重，记录采食量和体增重，并计算 1~21 日龄的平均日采食量、平均日增重和料重比。

1.4.2 血清生化和免疫指标

于试验第 22 天，每个重复中随机抽取 2 只北京鸭，右侧颈静脉采血，置于促凝真空管中，静置 15 min，离心机 3 000 r/min 离心 20 min，吸取上层血清，-20 ℃保存待测。血清生化指标[总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、尿素氮（UREA）含量]由 A6 半自动生化分析仪检测。血清免疫指标采用比色法测定，免疫球蛋白 A（IgA）、免疫球蛋白 G（IgG）试剂盒购自北京华英生物技术研究所，补体 3（C3）、补体 4（C4）试剂盒购自浙江维益生物科技有限公司。

1.4.3 免疫器官指数

试验鸭在进行采血后解剖，摘取其胸腺、脾脏和法氏囊，剔除掉附着于器官周围的脂肪，用滤纸吸干血水后称鲜重。通过记录数据计算免疫器官指数，计算公式为：

免疫器官指数（%）=100×免疫器官鲜重（g）/宰前空腹活体重（kg）。

1.5 数据处理与分析

数据使用 Excel 2010 进行初步处理后，使用 SPSS 22.0 软件进行单因素方差分析，并采用 Duncan 氏多重比较法进行平均值的多重比较，数据结果以“平均值±标准差”表示，P<0.05 表示差异显著。

2 结　果

2.1 丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌对北京鸭生长性能的影响

由表 2 可知，在平均日增重方面，试验Ⅴ组最高，对照组最低；试验Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组的平均日增重均显著高于对照组（P<0.05），分别增加 12.08%、7.92%、7.12%、14.91%。各组之间的平均日采食量和料重比差异不显著（P>0.05）。

表 2　丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌对北京鸭生长性能的影响

Table 2　Effects of *Clostridium butyricum* and *Bacillus licheniformis* on growth performance of *Beijing* ducks

项目 Items	对照组 Control group	试验Ⅱ组 Experimental group Ⅱ	试验Ⅲ组 Experimental group Ⅲ	试验Ⅳ组 Experimental group Ⅳ	试验Ⅴ组 Experimental Group Ⅴ
平均日增重 ADG/g	44.93±1.50[a]	50.36±1.97[b]	48.49±1.63[b]	48.13±2.21[b]	51.63±1.87[b]
平均日采食量 ADFI/g	83.66±1.06	88.86±1.42	90.13±1.46	87.12±1.73	89.59±1.14
料重比 F/G	1.86±0.05	1.76±0.07	1.85±0.08	1.81±0.12	1.73±0.06

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），相同或无字母表示差异不显著（*P*>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05). The same as below.

2.2 丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌对血清生化和免疫指标的影响

由表 3 可知，各组之间的血清中 TP、ALB、UREA 含量差异不显著（*P*>0.05）。试验Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组的血清中 IgA、IgG 含量显著高于对照组（*P*<0.05），试验Ⅴ组的血清中 C3 含量显著高于对照组（*P*<0.05），试验Ⅴ组的血清中 C4 含量显著高于对照组和试验Ⅱ组（*P*<0.05）。

表 3　丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌对血清生化和免疫指标的影响

Table 3　Effects of *Clostridium butyricum* and *Bacillus licheniformis* on serum biochemical and immune indexes of *Beijing* ducks

项目 Items	对照组 Control group	试验Ⅱ组 Experimental group Ⅱ	试验Ⅲ组 Experimental group Ⅲ	试验Ⅳ组 Experimental group Ⅳ	试验Ⅴ组 Experimental group Ⅴ
总蛋白 TP/（g/L）	10.75±8.73	11.27±3.37	10.63±0.45	10.57±9.39	10.47±2.10
白蛋白 ALB/（g/L）	8.15±2.75	8.20±1.15	8.56±0.56	8.03±3.24	8.25±0.33
尿素氮 UREA/（mmol/L）	1.59±0.19	1.54±0.01	1.56±0.01	1.57±0.25	1.53±0.06
免疫球蛋白 A IgA/（g/L）	1.94±0.52[a]	1.96±0.00[b]	1.99±0.34[b]	1.96±0.01[b]	1.97±0.01[b]
免疫球蛋白 G IgG/（g/L）	3.79±0.02[a]	3.82±0.01[b]	3.84±0.04[b]	3.82±0.01[b]	3.82±0.01[b]
补体 3 C3/（g/L）	0.44±0.11[a]	0.46±0.03[ab]	0.48±0.12[ab]	0.47±0.02[ab]	0.52±0.04[b]

补体 4 C4/（g/L）	0.10±0.28[a]	0.12±0.11[a]	0.14±0.03[ab]	0.13±0.01[ab]	0.19±0.01[b]

2.3　丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌对北京鸭免疫器官指数的影响

由表 4 可知，试验Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组的胸腺指数显著高于对照组（$P<0.05$），试验Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组之间的胸腺指数差异不显著（$P>0.05$）。试验Ⅴ组的脾脏指数显著高于对照组（$P<0.05$），试验Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组之间的脾脏指数差异不显著（$P>0.05$）。各组之间的法氏囊指数差异不显著（$P>0.05$），对照组的法氏囊指数最低，试验Ⅴ组的法氏囊指数最高。

表 4　丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌对北京鸭免疫器官指数的影响

Table 4　Effects of *Clostridium butyricum* and *Bacillus licheniformis* on immune organ indexes of *Beijing* ducks　%

项目 Items	对照组 Control group	试验Ⅱ组 Experimental group Ⅱ	试验Ⅲ组 Experimental group Ⅲ	试验Ⅳ组 Experimental group Ⅳ	试验Ⅴ组 Experimental group Ⅴ
胸腺指数 Thymus index	240.23±24.92[a]	323.02±26.61[b]	286.53±24.85[b]	258.35±30.94[b]	341.42±27.56[b]
脾脏指数 Spleen index	88.43±9.71[a]	104.63±7.56[ab]	111.47±14.90[ab]	103.14±11.01[ab]	121.58±17.32[b]
法氏囊指数 Bursa of Fabricius index	101.52±12.74	137.86±22.13	126.08±14.53	119.24±10.75	125.21±24.46

3　讨　论

3.1　丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌对北京鸭生长性能的影响

大量研究证明，益生菌在提高畜禽生长性能方面具有一定促进作用。贾志新[4]试验结果表明，使用丁酸梭菌饲喂樱桃谷肉鸭21 d时，其平均日增重、平均日采食量显著高于对照组，同时，添加5.0×10^8 CFU/kg丁酸梭菌组的料重比最低；李玉鹏等[5]、Fritts等[6]也有关于丁酸梭菌的相似报道，说明丁酸梭菌可以改善家禽的生长性能，这可能与益生菌提高酶活性有关。丁酸梭菌定植在动物体肠道后，可以分泌营养物质相应的酶，如纤维素酶、蛋白酶等，促进其降解，有益营养吸收；可以产生丁酸等酸性物质，使肠道环境不利于有害菌繁殖，促进有益菌增殖；可以产生叶酸、维生素K等，帮助机体生长[7]。王洪燕[8]使用1×10^9 CFU/kg地衣

芽孢杆菌饲喂肉仔鸡21 d，显著提高了肉仔鸡的平均日采食量和终末体重。郭森等[9]使用抗菌肽与地衣芽孢杆菌联合饲喂爱拔益加（AA）肉仔鸡，1~42日龄的平均日增重显著提高，提高了12.66%；平均日采食量显著提高，提高了3.26%；料重比显著降低，降低了8.56%。这可能与地衣芽孢杆菌产生消化酶等促进营养物质吸收有关。于明超[10]研究表明，使用不同水平的芽孢杆菌饲喂凡纳滨对虾可以提高其肠道内脂肪酶、淀粉酶活性，并且可以提高蛋白质累积率。地衣芽孢杆菌可以分泌很多在禽类体内无法合成的酶和一些高活性消化酶，降解营养物质为葡萄糖，有益机体生长[11]。本研究将丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌单独或联合饲喂北京鸭，提高了其生长性能，试验组的北京鸭平均日增重均显著提高，平均日采食量较对照组有所提高，但差异不显著。本试验中，二者联合使用效果更好，这可能与丁酸梭菌与地衣芽孢杆菌的协同作用有关，具体机制仍有待研究。

3.2　丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌对北京鸭血清生化和免疫指标的影响

血清生化指标是分析动物体内物质代谢情况和机体生理情况的重要依据。TP含量升高代表蛋白质代谢率提高，有益于机体吸收蛋白质，减少对饲料的消耗作用。ALB可以维持血液渗透压稳定，参与机体营养运输、凝血、抗凝血、肝细胞修复与再生以及免疫过程，有利于动物体内化学环境保持稳定。UREA是由机体蛋白质代谢产生，所以血清中UREA含量降低，体内UREA沉积就增越，表示动物体内蛋白质合成作用增强，有利机体生长[12]。陈家祥等[13]研究表明，饲粮中添加地衣芽孢杆菌可以使雄性麻羽肉鸡血清中UREA含量显著降低，地衣芽孢杆菌浓度为50 mg/kg（活菌数2×10^{10} CFU/g）时，血清中TP和ALB含量显著增加。葛文霞等[14]试验表明，饲粮中添加地衣芽孢杆菌饲喂黄羽肉鸡至28日龄时，添加0.4%地衣芽孢杆菌组的血清中TP、ALB含量显著提高，而血清中UREA含量显著降低；56日龄时，各组血清中的TP、ALB、UREA含量差异均不显著。本试验结果与前人研究结果存在不同，在本试验中，各组之间血清中TP、ALB、UREA含量差异不显著，原因可能是试验周期短，也可能是益生菌种类或者浓度不同，致使本试验所选益生菌对TP、ALB、UREA含量影响不显著。

IgA、IgG在体液免疫中占有主要地位，可结合抗原，抵御其入侵体内，对机体进行保护。IgG约占血清免疫球蛋白总含量的75%，是机体最主要的抗感染球蛋白，其含量可以表示免疫功能的强弱。补体主要存在于动物组织液与动物血清中，不耐热，可以辅助特异性抗

体参加一系列免疫反应，故称之为补体。其中，补体中含量最多的成分为C3、C4，所以其含量的变化是免疫功能评价的重要依据。益生菌可以加强机体免疫，增加机体抵御致病菌的能力，尤其对于免疫系统并未发育完全的雏鸡[15-17]。贾志新[4]试验显示，饲粮中添加丁酸梭菌饲喂樱桃谷肉鸭21和42 d时，血清中IgA、IgG、C3、C4含量均有所提高，其中添加5×10^8 CFU/kg丁酸梭菌的效果更好。本试验中，试验Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组的血清中IgA、IgG、C3、C4含量相对对照组均有不同程度地提高，试验Ⅴ组的血清中C3、C4含量显著高于对照组，与前人研究结果相似，说明丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌均可以提高北京鸭的机体免疫水平，丁酸梭菌与地衣芽孢杆菌复合菌的效果更有助于改善北京鸭的免疫功能，加强抗病能力，可能是二种益生菌存在协同作用，进而增强了机体免疫功能，具体机制仍需进一步探究。

3.3　丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌对北京鸭免疫器官指数的影响

家禽的免疫功能强弱主要在于胸腺、脾脏、法氏囊的发育情况，免疫器官指数高，则免疫功能强，抵御致病菌入侵的能力强，有益于动物体健康。胸腺主要参与细胞免疫，与T细胞的发育有关。法氏囊主要参与体液免疫，与B淋巴细胞发育有关，属于禽类特有的免疫器官。脾脏属于禽类最大外周免疫器官，参与机体细胞免疫与体液免疫[18]。Duc等[19]认为，地衣芽孢杆菌可以激活机体内的淋巴细胞，提高抗体水平，促进免疫器官发育，增强机体免疫功能。孙小沛等[20]试验表明，饲粮中添加地衣芽孢杆菌可以显著增加肉仔鸡21日龄的胸腺指数，显著增加35日龄的胸腺指数和法氏囊指数。在本试验中，丁酸梭菌与地衣芽孢杆菌联合使用可以显著提高北京鸭的胸腺指数和脾脏指数，而试验Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组之间虽然较对照组有相应提高，但相互之间差异不显著。这可能是因为益生菌的联合使用，加强了对动物肠道的刺激效果，通过辅助免疫，进一步刺激动物体免疫器官生长，表明丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌对生长前期北京鸭的免疫器官发育存在积极影响，可以促进免疫系统发育，促进机体健康。

4　结　论

饲粮中添加丁酸梭菌、地衣芽孢杆菌、丁酸梭菌与地衣芽孢杆菌复合菌均对北京鸭的生长性能、血清免疫指标和免疫器官指数有改善作用，其中联合使用的效果要优于单独使用。

参考文献：

[1] 肖克权,张龙林.丁酸梭菌、枯草芽孢杆菌对麻鸡生长性能的影响[J].广东饲料,2017,26(9):30–32.

[2] 贾聪慧,杨彩梅,曾新福,等.丁酸梭菌对肉鸡生长性能、抗氧化能力、免疫功能和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2016,28(3):908–915.

[3] 李福彬,陈宝江,梁陈冲,等.地衣芽孢杆菌对蛋鸡生产性能、蛋品质及血清相关指标的影响[J].中国饲料,2010,33(13):5–8.

[4] 贾志新.丁酸梭菌对樱桃谷肉鸭生长性能、免疫和抗氧化功能及肠道食糜 VFA 含量的影响[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2014.

[5] 李玉鹏,李海花,王柳懿,等.丁酸梭菌对断奶仔猪生长性能、肠道屏障功能和血清细胞因子含量的影响[J].动物营养学报,2017,29(8):2961–2968.

[6] FRITTS C A,KERSEY J H,MOTL M A,et al.*Bacillus subtilis* C-3102 (Calsporin) improves live performance and microbiological status of broiler chickens[J].The Journal of Applied Poultry Research,2000,9(2):149–155.

[7] ARAKI Y,ANDOH A,FUJIYAMA Y,et al.Short-term oral administration of a product derived from a probiotic,*Clostridium butyricum* induced no pathological effects in rats[J].International Journal of Molecular Medicine,2002,9(2):173–177.

[8] 王洪燕.地衣芽孢杆菌制剂对肉仔鸡、断奶仔猪生产性能的影响及机理[D].硕士学位论文.北京:中国农业大学,2005.

[9] 郭森,孙全友,魏凤仙,等.抗菌肽和地衣芽孢杆菌对肉仔鸡肠道微生物及免疫器官指数的影响[J].中国家禽,2016,38(18):26–31.

[10] 于明超.芽孢杆菌和中草药在凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)饲料中的应用研究[D].博士学位论文.青岛:中国海洋大学,2007.

[11] 熊峰.大豆低聚糖和纳豆芽孢杆菌制剂及其组合对肉鸡生产性能、肠道消化酶及菌群平衡的影响[D].硕士学位论文.乌鲁木齐:新疆农业大学,2008.

[12] MOHAN B,KADIRVEL R,BHASKARAN M,et al.Effect of probiotic supplementation on serum/yolk cholesterol and on egg shell thickness in layers[J].British Poultry Science,1995,36(5):799–803.

[13] 陈家祥,张仁义,王全溪,等.地衣芽孢杆菌对肉鸡生长性能、抗氧化指标和血液生化指标的影响[J].动物营养学报,2010,22(4):1019–1023.

[14] 葛文霞,柳旭伟.地衣芽孢杆菌对黄羽肉鸡生产性能和血液生化指标的影响[J].江苏农业科学,2015,43(7):213–215.

[15] 高俊.酵母培养物对肉仔鸡的作用及其机理[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2008.

[16] LOWENTHAL J W,CONNICK T E,MCWATERS P G,et al.Development of T cell immune responsiveness in the chicken[J].Immunology and Cell Biology,1994,72(2):115–122.

[17] KOENEN M E,BOONSTRA-BLOM A G,JEURISSEN S H M.Immunological differences between layer- and broiler-type chickens[J].Veterinary Immunology and Immunopathology,2002,89(1/2):47–56.

[18] 张磊,李佳,张涛,等.微生态制剂对肉仔鸡生产性能和免疫功能的影响[J].北京农学院学报,2008,23(4):41–45.

[19] DUC L H,HONG H A,BARBOSA T M,et al.Characterization of *Bacillus* probiotics available for human use[J].Applied and Environmental Microbiology,2004,70(4):2161–2171.

[20] 孙小沛,杨在宾,李兆勇,等.地衣芽孢杆菌与日粮蛋白水平对肉鸡生产性能、肠道环境及免疫器官指数的影响[J].饲料工业,2013,34(23):40–46.

Effects of *Clostridium butyricum* and *Bacillus licheniformis* on Growth Performance, Serum Biochemical and Immune Indexes and Immune Organ Indexes of *Beijing* Ducks

YUAN Huikun[1, 2] YUAN Wenhua[1, 2] ZHAO Wenwen[1, 2] LI Guoqin[2] LIU Xiangshan[1]
DU Xue[2] SHEN Junda[2] LI Liumeng[3] LU Lizhi[2*] DIAO Xinping[1*]
（1. *College of Animal Science and Technology, Northeast Agricultural University, Harbin* 150030, *China*; 2. *Institute of Animal Science, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences,*

Hangzhou 310021, *China; 3. Zhuji Guowei Poultry Industry Co., Ltd.,, Zhuji* 311800, *China)*

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of dietary *Clostridium butyricum* and *Bacillus licheniformis* on growth performance, serum biochemical and immune indexes and immune organ indexes of *Beijing* ducks. A total of 300 healthy one-day-old *Beijing* ducks were randomly divided into 5 groups with 6 replicates in each group and 10 ducks in each replicate. Ducks in the control group (group Ⅰ) were fed a basal diet, and others in experimental groups were fed the basal diet supplemented with 40 mg/kg bacitracin (group Ⅱ), 5×10^8 CFU/kg *Clostridium butyricum* （group Ⅲ）, 1×10^9 CFU/kg *Bacillus licheniformis* (group Ⅳ) and 5×10^8 CFU/kg *Clostridium butyricum*+1×10^9 CFU/kg *Bacillus licheniformis* (group Ⅴ), respectively. The experiment lasted for 21 days. The results showed as follows: 1） the average daily gain of groups Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ and Ⅴ was significantly higher than that of the control group (P<0.05). There were no significant differences on average daily feed intake and ratio of feed to gain among all groups (P>0.05). 2) The contents of immunoglobulin A, immunoglobulin G, complement 3 and complement 4 in serum of group Ⅴ were significantly higher than those of the control group (P<0.05). There were no significant differences on the contents of total protein, albumin and urea nitrogen in serum among all groups (P>0.05). 3) The thymus index and spleen index of group Ⅴ were significantly higher than those of the control group (P<0.05). There was no significant difference on the bursa of Fabricius index among all groups (P>0.05) The results indicated that dietary supplemented with *Clostridium butyricum* and *Bacillus licheniformis* compound bacteria can effectively improve the growth performance and serum immune indexes of *Beijing* ducks.

Key words: *Clostridium butyricum*; *Bacillus licheniformis*; *Beijing* ducks; growth performance; serum biochemical indexes; immune indexes

---

*Corrresponding authors: LU Lizhi, professor, E-mail：lulizhibox@163.com; DIAO Xinping, associate professor, E-mail： diaoxp63@163.com (责任编辑 武海龙)